

## Funktionelle und morphologische Untersuchungen zur Reinnervation replantierter Kaninchenohrmuscheln

H. Piza-Katzer\*, G. Lassmann\*\*, A. Mostbeck\*\*\* und H. Partsch\*\*\*\*

Vortrag auf der 4. Jahrestagung der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der peripheren Nerven und Gefäße gemeinsam mit den Tagungen der Österreichischen Gesellschaft für Plastische Chirurgie, der Schweizerischen Gesellschaft für Plastische und Wiederherstellungschirurgie sowie der Vereinigung Deutscher Plastischer Chirurgen vom 23. — 26. September 1981 in Innsbruck.

Aus der Abteilung für Plastische und Rekonstruktive Chirurgie\* (Leiter: Prof. Dr. H. Millesi) der I. Chirurgischen Universitätsklinik (Vorstand: Prof. Dr. A. Fritsch), dem Neurologischen Institut der Universität Wien\*\* (Vorstand: Prof. Dr. F. Seitelberger), der Nuklearmedizinischen Abteilung des Wilhelminen-Spitals Wien\*\*\* (Leiter: Prof. Dr. A. Mostbeck), der Angiologischen Ambulanz des Hanuschkrankenhauses Wien\*\*\*\* (Vorstand: Doz. Dr. H. Partsch) und dem Ludwig-Boltzmann-Institut für Experimentelle Plastische Chirurgie (Leiter: Prof. Dr. H. Millesi).

### Zusammenfassung

Thermoregulationsstörungen an replantierten Extremitätenteilen veranlaßten uns zu einer experimentellen Untersuchung. Als experimentelles Modell wurde die replantierte Kaninchenohrmuschel gewählt, da diese ähnlich den Fingern eine starke sympathische Innervation aufweist und thermoregulatorische Funktionen zu erfüllen hat. 25 von 30 Kaninchenohrmuscheln heilten nach kompletter Amputation und Replantation an. An ihnen wurden Durchblutungsmessungen mit 133-Xenon, thermographische und histologische Untersuchungen durchgeführt. Bei der Thermographie zeigt sich eine Dysregulation bei der Thermoprovokation noch 1 Jahr nach Replantation, und bei den histologischen Untersuchungen zeigen sich bis 18 Monate nach Replantation der Kaninchenohrmuschel zum Teil mangelhafte, zum Teil lückenhafte Reinnervationen im Bereiche der Gefäße und auch der Hautanhangsgebilde.

### Summary

#### Functional and Morphological Studies on the Reinnervation of Replanted Auricular Conchae of Rabbits.

Disturbances observed in the thermoregulation of replanted extremities were the stimulus for this experimental study. We chose the auricular conchae of rabbits as an experimental model, as these show — as do the fingers — innervation with the sympathetic nervous system and fulfil thermoregulatoric functions. Twenty-five of thirty auricular conchae of rabbits took completely after amputation and replantation. Blood flow measurements with 133 Xenon, thermographic and histologic examinations were performed. Thermography showed dysfunction with temperature provocation even one year after replantation. Histological examinations revealed partly deficient reinnervation in vessels and also in cutaneous appendages.

### Schlüsselwörter

Replantation — Experimente mit Kaninchenohrmuscheln — Reinnervation — autonomes Nervensystem

### Key words

Replantation — experimental studies in the auricular conchae of rabbits — reinnervation — autonomous nerves

Die Replantation abgetrennter Gliedmaßen gehört heute zum festen Bestandteil der Wiederherstellungschirurgie. Nachdem in den letzten Jahren die anfangs großen technischen Probleme weitgehend gelöst wurden, konnte mehr Augenmerk auf funktionelle Spätergebnisse gelenkt werden. Dabei fällt auf, daß vorwiegend Untersuchungen über die Sensibilitätsrückkehr sowie die motorische Funktion Gegenstand von Publikationen sind. Dagegen liegen über die Funktionsrückkehr des autonomen Nervensystems in Replantaten keine Berichte vor.

In unserem Krankengut konnte jedoch bei vielen Patienten mit kompletter Amputation eines Extremitätenteiles lange Zeit nach der Replantation eine mehr oder weniger starke Kälteempfindlichkeit sowie eine verzögerte Adaptation an Außentemperaturänderungen festgestellt werden. In unserer Beobachtung wurden wir durch Veröffentlichungen von Gelberman und Mitarb. (1978), Frey und Mitarb. (1979) und Schlenker und Mitarb. (1980) bestätigt. Es drängte sich die Frage auf, ob und welche der bei der Replantation wiederhergestellten Strukturen für diese Beschwerden verantwortlich sind: Sensible Nerven, Gefäße, autonomes Nervensystem?

Die Thermoregulation ist an ein intaktes autonomes Nervensystem gebunden (Shepherd 1963). Es scheint uns daher wichtig, über die Regeneration dieses Nervensystems Aufschluß zu bekommen. Probeexzisionen aus replantierten Fingern oder Händen sind nur in beschränktem Maße anlässlich von Sekundäreingriffen durchzuführen und verantwortbar. Wir mußten

daher, um uns mit der Frage der Regeneration des autonomen Nervensystems, besonders an den Gefäßen, näher auseinanderzusetzen, ein geeignetes tierexperimentelles Replantationsmodell finden, an dem wir über einen größeren Zeitraum histologische Verlaufsuntersuchungen und funktionelle Durchblutungsmessungen durchführen können. Als Modell wurde die Kaninchenohrmuschel gewählt, da klare anatomische Studien von diesem Organ vorliegen, das Kaninchenohr ähnlich der peripheren Extremität des Menschen thermoregulatorische Aufgaben zu erfüllen hat, das Replantat leicht der Beobachtung und Untersuchung zugänglich und paarig angelegt ist.

### Experimentelle Untersuchung

#### Material und Operationsmethode:

Die Ohrmuschelreplantation erfolgte an 30 Kaninchen mit einem Körpergewicht zwischen 2,5—3,5 kg und einer mittleren Ohrlänge von 14 cm unter Anwendung mikrochirurgischer Operationstechnik: In intravenöser Barbituratanästhesie wird die Haut an der Basis der Kaninchenohrmuschel, knapp distal des Muskelansatzes inzidiert, das zentrale Gefäßnervenbündel freipräpariert, die Gefäße proximal geklemmt und durchtrennt. Die lateralen Gefäße werden unterbunden und die Ohrmuschel amputiert. Um eine spannungslose Gefäß- und Nerven-naht zu erzielen, wird der Knorpel am Amputat 1 cm verkürzt. Nach Wiedervereinigung des Knorpels durch Matratzennähte wird zuerst die Vene, dann die Arterie mit 10/0-Einzelknopfnähten unter dem Operationsmikroskop genäht. Der Nerv wird durch 1 bis 2 epineurale Nähte exakt adaptiert (Abb. 1). 25 von 30 Kaninchenohrmuscheln heilten an und standen nach der Wundheilung für folgende Untersuchungen zur Verfügung:

#### Durchblutungsmessung mit $^{133}\text{Xe}$ -Clearance:

Die  $^{133}\text{Xe}$ -Clearance (Lassen und Mitarb. 1964) mißt die spezifische Hautdurchblutung in ml/100 g/min. Die spezifische Durchblutung errechnet sich aus der Halbwertszeit des Auswaschens und dem Verteilungskoeffizienten  $\lambda$  zwischen Blut und Gewebe. Zehn Tiere wurden untersucht.

a) Ruhedurchblutung: Es wurden 0,05 bis 0,1 ml  $^{133}\text{Xe}$  ( $10\text{—}30\ \mu\text{Ci}$ ) mittels feinsten Kanüle intrakutan unmittelbar neben dem zentralen Gefäßnervenbündel im mittleren Ohrdrit-



Abb. 1. Replantation einer Kaninchenohrmuschel: Intraoperativer Situs von zentraler Arterie (A), Vene (V) und Nerv (N) nach Fertigstellung der Anastomosen.

tel in beide Ohren injiziert und mit Szintillationsmeßsonden, Ratameter und Logarithmenschreiber die Auswaschkurve durch 5 Min. registriert. Die Ruhedurchblutung an 10 Kaninchen läßt keinen Unterschied zwischen gesunden und replantierten Ohren erkennen. Auffallend ist die sehr hohe Ruhedurchblutung von 24 ml/100 g/min.

b) Die reaktive Hyperämie wurde nach dreiminütiger arterieller Sperre zur Prüfung von stenosierenden Prozessen an der Arterie gemessen. Es wurden beiderseits wieder  $^{133}\text{Xe}$  Quaddeln gesetzt, 3 Min. die Auswaschkurve registriert und die Ohrmuschel an der Basis mit einer weichen Darmklemme für 3 Min. geklemmt und nach Öffnung der Sperre die Registrierung fortgesetzt. Es sind weder statistisch signifikante Unterschiede zwischen gesunden und replantierten Ohren noch solche zwischen Ruhe und reaktiver Hyperämie nachzuweisen.

c) Durchblutungsmessung nach Erwärmen des Stammes: Zur Erfassung der Änderung der Hautdurchblutung der Ohrmuschel bei indirekter Erwärmung des Tieres durch Stammerwärmung wurde eine Messung vor Erwärmung, die zweite Messung nach 20 Min. Stammerwärmung durchgeführt. Auch hier sind keine statistisch signifikanten Unterschiede der spezifischen Hautdurchblutung zwischen gesunden und replantierten Ohren nachweisbar. Es finden sich auch keine Unterschiede zwischen Ruhedurchblutung und nach 20 Min. Stammerwärmung.

#### Thermographie:

Um Einblick in die durchströmte Masse zu erhalten, wurde die Thermographie herangezogen. Sie dient zur raschen Erfassung von Temperaturunterschieden an Hautarealen. Es wurden 7 Tiere 2 Monate nach Ohrmuschelreplantation an beiden Ohren untersucht. Eine zweite Gruppe mit 6 Tieren wurde ein Jahr nach der Replantation thermographisch untersucht. Dabei wurden die Ruhedurchblutung, die Thermoregulation nach Stammerwärmung, Abkühlung und Wiedererwärmung registriert. Die Infrarot-Strahlung der Haut der Kaninchen konnte kontinuierlich auf einer Schwarz-Weiß- und Farbthermokamera beobachtet werden. 20 Minuten nach Stammerwärmung des Kaninchens, 5 Min. nach Abkühlung und 20 Min. nach Wiedererwärmung wurden die Thermogramme durch eine Polaroid- oder eine Farbbildkamera festgehalten (Abb. 2). Mit Hilfe eines Thermal-Area-Analyzers kann ein bestimmtes Hautareal der Kaninchenohrmuschel exakt abgegrenzt und die Temperatur in diesem Gebiet gemessen werden. Ein digitaler Anzeiger gibt die prozentuelle Verteilung von 5 Temperaturbereichen an.

#### Statistische Auswertung der Thermoprovokationsuntersuchung:

Die Analyse unterschiedlicher Veränderungen der Ohrtemperatur bei replantierten und gesunden Ohren wurde verteilungsfrei mit dem *Wilcoxon*-Test für gepaarte Beobachtungen, unterschiedliches Verhalten der Versuchsgruppen mit dem U-Test nach *Mann* und *Whitney* durchgeführt. Es besteht kein Unterschied zwischen replantierten und gesunden Ohren in der Ausgangssituation. Bei indirekter Erwärmung ist der Temperaturanstieg in der gesunden Ohrmuschel 2 Monate nach der Replantation signifikant höher als in der replantierten Ohrmuschel ( $p = 0,023$ ). Dieser Unterschied ist ein Jahr nach der Replantation nicht mehr nachweisbar. Bei indirekter Abkühlung reagiert

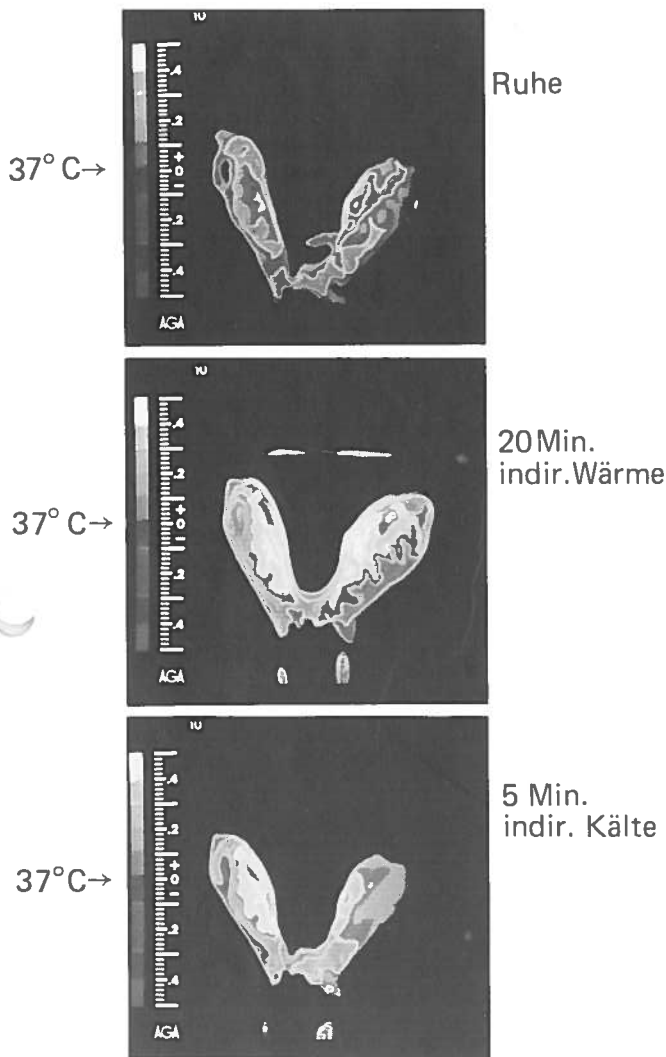


Abb. 2. Thermographie von Kaninchenohrmuscheln (Nr. 8). Rechts 1 Jahr nach Ohrmuschelreplantation, links nicht operiertes Vergleichsohr.

- A) Ruhewert der Durchblutung beider Ohrmuscheln.  
 B) Nach 20 Minuten indirekter Erwärmung Durchblutungsanstieg beiderseits.  
 C) Nach 5 Minuten indirekter Abkühlung deutliche Vasokonstriktion am linken Ohr; am rechten replantierten Ohr nur geringe Reaktion.

die replantierte Ohrmuschel mit einer geringeren Abkühlung als die Kontrollohrmuschel, dies sowohl 2 Monate ( $p = 0,008$ ) als auch ein Jahr nach der Operation ( $p = 0,016$ ). 20 Minuten nach Kälteende zeigt die replantierte Ohrmuschel eine schwächere Wiedererwärmung als die gesunde ( $p = 0,031$  — 2 Monate,  $p = 0,016$  — 1 Jahr). Bei der indirekten Abkühlung findet man eine unterschiedliche Reaktion der replantierten Ohrmuschel je nachdem, ob die Ohrmuscheluntersuchung 2 Monate oder ein Jahr nach der Operation durchgeführt wurde ( $p = 0,05$ ). Das gleiche gilt für die Wiedererwärmung ( $p = 0,063$ ). Es bestehen jeweils stärkere Effekte bei den Tieren 2 Monate nach Replantation.

**Histologische Untersuchungen an replantierten Kaninchenohren:**  
 Neben 2 normalen gelangten 18 autotransplantierte Kaninchen-

ohrmuscheln in einem Abstand von 6 Tagen bis zu 18 Monaten nach Replantation zur histologischen Untersuchung.

#### Methodik:

Routinefärbungen und Sudan-Schwarz-B-Färbung an Gefrier- und Paraffinschnitten. Spezifische Cholinesterase-Darstellung nach *Root Karnovsky*. Glyoxylsäuremethode für die Fluoreszenzmikroskopie der noradrenergen Fasern. Osmium-Zink-Jodid-Methode nach *Maillet-Jabonero*. Silberimprägnation nach *Cauna* und *Jabonero*.

#### Histologische Befunde an replantierten Kaninchenohrmuscheln:

Vom 6. postoperativen Tag bis zur 4. Woche findet man eine weitgehende Degeneration sowohl am afferenten zentralen Nerv als auch am Gefäßnervenplexus und den Hautanhangsgebilden. Ab der 4. Woche zeigt der zentrale Nerv an der Ohrbasis eine beginnende Reinnervation; in den peripheren Ohrabschnitten zu dieser Zeit noch Markscheidenzerfall und Abraumzellen. Der Gefäßplexus zeigt an den Arteriolen in der Peripherie noch immer stellenweise ein fast normales Aussehen.

Nach 2 Monaten ist die Regeneration des zentralen Nervs im proximalen Ohrdrittel fast abgeschlossen. Es kann auch hier eine beginnende Reinnervation in den Hautanhangsgebilden und subepithelial festgestellt werden. An den zentralen Gefäßen findet man eine beginnende Reinnervation, wobei vielfach kalibermäßig stärkere cholinesterasepositive Nervenfasern, offensichtlich die Gefäße als Leitbahn benützend, in einiger Entfernung davon verlaufen. Im distalen Abschnitt ist die Gefäßinnervation erst am Beginn. Im 7. bis 8. Monat zeigt der zentrale afferente Nerv einen nahezu normalen Aufbau. Im distalen Drittel besteht bei einem Tier jedoch eine auffallende Verminderung bzw. Fehlen der Markscheiden, so daß wahrscheinlich dadurch noradrenerge »beaded fibers« zur Darstellung kommen. Zu dieser Zeit findet man die Gefäße in den proximalen 2 Dritteln reinnerviert, im obersten Drittel fehlt die Reinnervation jedoch fast komplett.

Nach 12 und 14 Monaten findet man noch Unterschiede in der Intensität der Reinnervation der peripheren Arterien, der Haut und ihrer Adnexe, bei guter Reinnervation der zentralen Arterie. Der neu gebildete Gefäßplexus ist weniger dicht als normal; man findet in der Peripherie parallel zum Gefäß ziehende kleinere Nervenstämmchen, die jedoch mit diesem keinen Kontakt aufnehmen (Abb. 3). Bei einem Tier, 18 Monate nach Replantation, sind die Arterie wie auch der Nerv in den basalen Ohrabschnitten weitgehend komplett reinnerviert. In den peripheren Ohranteilen ist die Reinnervation der Arterie inkomplett. Neu auswachsende Nervenfasern ziehen parallel zur Gefäßwand und treten nur stellenweise in größerem Umfang an die Gefäßwand heran, so daß man von herdförmiger Reinnervation sprechen kann. Noradrenerge Formationen sind gegenüber cholinergen Fasern nur gering an der Reinnervation beteiligt. Auffallend ist auch die mangelhafte Reinnervation der Hautanhangsgebilde, wie Haare und Schweißdrüsen.

#### Diskussion

Um die Regeneration des autonomen Nervensystems nach Replantation der Kaninchenohrmuschel zu untersuchen, haben

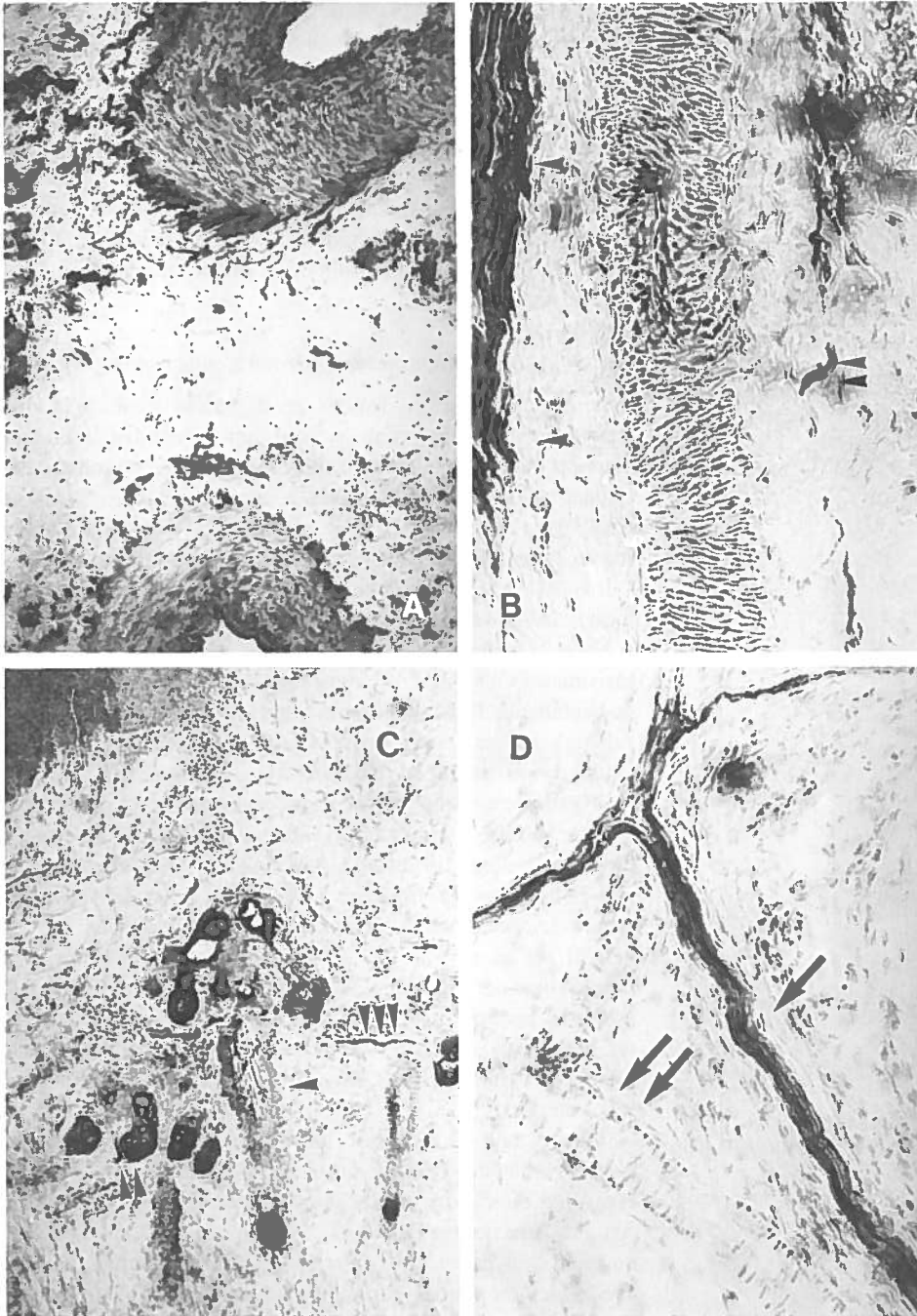


Abb. 3. Kaninchenohrmuskel 14 Monate nach Replantation spez. Cholinesterase.

- A) Komplette Reinnervation der zentralen Ohrarterie im proximalen Drittel der Ohrmuschel. Vergr. 240/1.
- B) Mittleres Ohrdrittel — zentrale Arterie ohne adventitiellen Plexus; kleine Nervenfasern begleiten die Arterie.
- C) Distales Ohrdrittel — inzipiente Reinnervation der Haut und ihrer Hautanhangsgebilde — Haare, Drüsen, kleine Nervenfasern. Vergr. 120/1.
- D) Distales Ohrdrittel — inkomplette Regeneration eines kleinen Nerven bei völligem Fehlen der Regeneration des Plexus einer kleinen Arterie. Vergr. 240/1.

wir die Reaktionsfähigkeit der Ohrgefäße durch Thermoprovo- kation geprüft und histologische Untersuchungen durchge- führt.

Physiologisch kommt es bei Stammabkühlung und bei Stammerwärmung über das Vasomotorenzentrum zu einer Stei- gerung bzw. Abnahme der Durchblutung in der Peripherie, vorausgesetzt, der Reflexbogen ist intakt.

Bei der Amputation und Replantation wird dieser jedoch un- terbrochen, so daß eine gestörte Gefäßreaktion zu erwarten ist. Über die Regeneration autonomer Nervenfasern liegen zahl- reiche, vor allem histochemische Untersuchungen an gemisch- ten Nerven vor. Dabei zeigt sich, daß diese unmyelinisierten Fasern rasch regenerieren. So konnte Hopkins (1970) ein durch- schnittliches Wachstum von 1 — 2 mm/Tag nachweisen.

Histochemische Untersuchungen an gestielten Hautlappen (Palmer 1970) haben gezeigt, daß die Reinnervation an kleinen Hautgefäßen nach 12 Wochen, an größeren erst nach 16 Wo- chen zu sehen ist. Es schien jedoch die Quantität des Gefäßner- venplexus gegenüber den normalen Gefäßen reduziert zu sein. Funktionelle Untersuchungen über die Vasomotorenreaktion in Hautlappen liegen von Kredel und Phemister (1939) vor. Sie un- tersuchten die Rückkehr der Vasomotorenfunktion in Hautlap- pen und fanden diese qualitativ abnorm. In unserem Versuch haben wir durch die Messung der 133-Xenon-Clearance beider Kaninchenohren in Ruhe sowie nach indirekter Erwärmung ei- ne Beurteilung der Durchblutung und der Reaktionsfähigkeit der Gefäße angestrebt. Dabei fanden wir eine sehr hohe Ruhe- durchblutung von 24 ml/100 g/min. (im Vergleich dazu liegt die

Durchblutung der unteren Extremität beim Menschen in der Größenordnung von 2 ml/100 g/min.). Diese Tatsache dürfte auf die große Anzahl der a-v-Anastomosen im Kaninchenohr zurückzuführen sein.

Mit der  $^{133}\text{Xe}$ -Clearance mißt man die spezifische Hautdurchblutung, d. h. Durchblutung pro Volumen oder Masse. Um Einblick in die gesamte durchströmte Masse zu erhalten, wurde die Thermographie herangezogen.

Bei der Beurteilung der Thermographieergebnisse fiel auf, daß in Ruhe und nach Stammerwärmung das Temperaturmaximum im Bereich der medianen Gefäße nur gering ansteigt. Die Größe der maximalen Isotherme im gesamten Ohr nimmt jedoch beträchtlich zu. Dies heißt, daß vor allem eine größere Masse des Ohres verstärkt durchblutet wird. Diese Tatsache scheint die Erklärung zu sein, daß die Messung der spezifischen Hautdurchblutung mit  $^{133}\text{Xenon}$  keine Änderung der Ohrdurchblutung nach Erwärmung und nach arterieller Sperre erkennen ließ. Diese Methode ist daher ungeeignet, die globale Ohrdurchblutung zu erfassen.

Die Thermographie hingegen zeigt die Änderung der Durchblutung eindeutig auf. Es konnte nachgewiesen werden, daß in Ruhe kein statistisch signifikanter Unterschied in der Durchblutung zwischen replantiertem und Kontrollohr besteht, daß aber

neural gesteuerte Regulationen der Durchblutung bei Thermo-provokation vom replantierten Ohr wesentlich geringer beantwortet werden als vom gesunden Kontrollohr.

Die Störungen in der vasomotorischen Reaktion stehen im Einklang mit den histologischen Befunden.

Der Gefäßnervenplexus ist 1½ Jahre nach der Replantation besonders in der Peripherie weniger dicht als normal.

Immer wieder kann man parallel zu den Gefäßen neu auswachsende Nervenfasern wahrnehmen, die zur Gefäßwand eine gewisse Distanz einhalten und nur stellenweise in größerem Umfang an die Gefäßwand herantreten. Auch die Hautanhangsgebilde zeigen nach dieser Zeit noch eine mangelhafte Reinnervation.

Eine komplette De- und Regeneration der nervösen Strukturen kann nach Nervendurchtrennung nur unmittelbar nach der Geburt beobachtet werden (Zelena 1980).

Die Gabe von Trijodthyronin, Steroiden oder Gangliosiden zur Beschleunigung des Auswachsens von Nervenfasern nach der Durchtrennung ist vielfach untersucht und kritisch beurteilt worden (Mamoli und Mitarb. 1980). Es wird an unserem Modell zu prüfen sein, ob und wodurch die Regeneration des autonomen Nervensystems verbessert werden kann und ob es gelingt, die Störungen in der Thermoregulation zu beeinflussen.

#### Literatur

Frey, J., H. Mandl, J. Holle und G. Freilinger: Funktionelle Spätergebnisse nach Replantationen im Hand- und Fingerbereich. *Plast. Chir.* 3, 234—238 (1979)

Gelberman, R. H., J. R. Urbaniak, D. S. Bright, and L. S. Levin: Digital Sensibility Following Replantation. *J. Hand Surg.* 3, 313—319 (1978)

Hopkins, A. P.: Conduction in Regenerating Unmyelinated Fibers. *Physiologist* 13, 225—234 (1970)

Kredel, F. E., and D. B. Phemister: Recovery of Sympathetic Nerve Function in Skin Transplants. *Arch. Neurol. Psychiatr.* 42, 403—412 (1939)

Lassen, N. A., I. F. Lindberg, and O. Munck: Measurement of Blood Flow through Skeletal Muscle by Intramuscular Injection of  $^{133}\text{Xenon}$ . *Lancet* 1, 686—689 (1964)

Mamoli, B., G. Brunner, R. Mader, and H. Schanda: Effects of Cerebral Gangliosides in the Alcoholic Poly-

neuropathies. *Europ. Neurol.* 19, 281—283 (1980)

Palmer, B.: Sympathetic Denervation and Reinnervation of Cutaneous Blood Vessels Following Surgery. *Scand. J. Plast. reconstr. Surg.* 4, 93—99 (1970)

Schlenker, J. D., H. E. Kleinert, and Tsu-Min Tsai: Methods and Results of Replantation Following Traumatic Amputation of the Thumb in Sixty-four Patients. *J. Hand Surg.* 5, 63—70 (1980)

Shepherd, J. T.: Physiology of the Circulation in Human Limbs in Health and Disease. W. B. Saunders, Philadelphia-London 1963

Zelena, J.: Rapid Degeneration of Developing Rat Pacinian Corpuscles after Denervation. *Brain Res.* 187, 97—111 (1980)

#### Anschrift für die Verfasser

Doz. Dr. med. Hildegunde Piza-Katzer  
I. Chirurgische Universitätsklinik  
Alser Straße 4  
A-1090 Wien IX/Österreich

#### REFERAT

BLAIR, W. F., and J. A. BUCKWALTER  
(Iowa City, Iowa, USA):

**Angeborenes Fehlverhalten der langen Daumenbeugesehne**  
(Congenital malposition of the flexor pollicis longus)  
*J. Hand Surg.* 8, 93—94 (1983)

Bei einer Abduktionsdeformität des Daumens im Grundgelenk wurden folgende anatomischen Veränderungen gefunden:

- Die lange Daumenbeugesehne war an der Speichenseite durch einen nach dorsal verlaufenden Sehnenzug mit der langen Strecksehne verbunden, wodurch die Fehlstellung bewirkt wurde.
- Sehnnenscheide und Ringbänder der langen Daumenbeugesehne fehlten.
- Die lange Daumenbeugesehne lag oberflächlich auf der The-

narmuskulatur, die fehlgebildet war. So fehlte der M. abductor pollicis brevis; die Mm. opponens und flexor brevis waren hypoplastisch. Der M. adductor wurde bei der Operation nicht dargestellt. Die lange Daumenbeugesehne zog durch das Retinaculum flexorum und hatte mit der oberflächlichen Zeigefingerbeugesehne einen gemeinsamen Muskelbauch, der sich beim Eintritt in den Karpalkanal teilte.

- Die Fingernerven des Daumens aus dem N. medianus waren lang, der radiale Nerv innervierte die Streckseite. Ein schmaler rückläufiger Medianusast zog zum Thenar.
- Eine einzige Fingerarterie aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen begleitete den ulnaren sensiblen Nerv.

Diese oder ähnliche Veränderungen müssen bei rekonstruktiven Eingriffen beachtet werden, um zu einem guten Resultat zu kommen.

E. SCHARIZER, Mannheim

## Was leistet die stabile Osteosynthese am distalen Radius?

K. M. Pfeiffer und P. Lauber

Vortrag auf dem 23. Symposium der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie vom 14. — 16. Oktober 1982 in Leverkusen.

Aus der Chirurgischen Universitäts-Poliklinik (Leitender Arzt: Prof. Dr. K. M. Pfeiffer) des Kantonsspitals Basel (Direktor: Prof. Dr. M. Allgöwer).

### Zusammenfassung

Von 1968 — 1979 wurden 127 oder 4% der distalen Radiusfrakturen mit Osteosynthese behandelt. 85 Operationsresultate konnten nach durchschnittlich 4,8 Jahren überprüft werden. 70% der Brüche waren multifragmentär und 87% intraartikulär. Bei dieser negativen Auslese konnte eine korrekte Radiuslänge in  $\frac{2}{3}$  der Fälle, korrekte Gelenkwinkel in  $\frac{1}{3}$  erreicht werden. Trotz häufiger Einschränkung der Beweglichkeit waren 80% der Patienten mit dem Spätresultat zufrieden. Die Indikation zur Osteosynthese muß streng und hauptsächlich bei Smith-Frakturen gestellt werden. Alternativen sind die perkutane Drahtspickung, der Fixateur externe oder eine sekundäre Korrekturosteotomie.

### Summary

#### What is the Value of Internal Fixation in Fractures of the Distal Radius?

127 or 4% of the fractures of the distal radius seen in our department between 1968 and 1979 have been treated by internal fixation. 85 of these wrists could be reviewed after an average of 4.8 years. 70% of the fractures were multifragmentary and 87% involved the joint surface. In this difficult group correct length of the radius was restored in two thirds, and physiological angles of the joint in one third of the cases. In spite of frequent limitation of motion of the wrist joint, 80% of the patients were satisfied with the result. Careful selection of cases for internal fixation is necessary. It is indicated mainly in the Smith type fractures but may be replaced by percutaneous K-wire pinning, the external fixator or a delayed osteotomy.

### Schlüsselwörter

Frakturen — distaler Radius — Osteosynthese

### Key words

Fractures — distal radius — osteosynthesis

Distale Radiusfrakturen gehören zu den häufigsten Knochenbrüchen überhaupt. Seit Lorenz Böhler ist ihre Behandlung weitgehend standardisiert und wird an den meisten Orten ähnlich gehandhabt. Die Ergebnisse sind bezüglich der Hand- und Handgelenksfunktion im allgemeinen sehr befriedigend, doch läßt die Wiederherstellung der anatomischen Form nicht selten zu wünschen übrig, was gelegentlich funktionelle Konsequenzen hat.

Neben der klassischen konservativen Therapie stehen als Alternativen die perkutane Drahtspickung, der Fixateur externe (Brunner und Weber 1981) und die Osteosynthese mit Schrauben oder Platten zur Diskussion (Almqvist 1973, de Oliveira 1973, Pannike 1973, Heim 1974, 1979, Titze 1975, Thompson und Grant 1977, Steinmann und Spier 1980, Heim und Pfeiffer 1981, Seiler und Mitarb. 1981). Wir berichten über die Resultate der offenen Osteosynthesen, welche von 1968 bis 1979 im Departement für Chirurgie der Universität Basel durchgeführt wurden. Es handelt sich um 127 Operationen an 117 Patienten, darunter 6 beidseitige Osteosynthesen, 2 einmalige und eine zweimalige Reoperation sowie 5 Osteotomien und 2 sekundär

Tab. 1. Distale Radius-Osteosynthesen 1968 — 1979.

Röntgenbefunde nach durchschnittlich 4,8 Jahren	
	n = 85 %
Arthrose	
keine	41,5
leichte	48,8
ausgeprägte	9,8
Radius	
verkürzt	32,9
zu lang	3,6
andere Fehlstellung	12,2
Ulna	
Fehlstellung	4,9
reseziert	7,4
Gelenkinkongruenz	
radiokarpal	3,6
andere	12,2